

CLIPPEDIMAGE= JP02000012978A

PAT-NO: JP02000012978A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000012978 A

TITLE: OPTICAL AMPLIFIER

PUBN-DATE: January 14, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

INOUE, YASUSHI

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10177429

APPL-DATE: June 24, 1998

INT-CL (IPC): H01S005/30;H01S003/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To amplify a signal light having nearby wavelength of that of a laser oscillation light by outputting only an amplified signal light, without the use of an optical filter in a optical amplifier using an operational principle of a traditional gain clamp semiconductor optical amplifier.

SOLUTION: A laser oscillates at a wavelength of

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一方の2ポートを入力ポートA、Bとする第1の3dBカプラと、一方の2ポートを出力ポートC、Dとする第2の3dBカプラと、第1および第2の3dBカプラの各他方の2ポート同士を接続する同一光学長の2本のアーム導波路とにより構成される対称マッハツェンダ干渉計と、  
前記対称マッハツェンダ干渉計の各アーム導波路に挿入される同一特性の利得領域と、  
前記入力ポートBに接続され、波長 $\lambda_0$ の光を反射する第1の光反射手段と、  
前記入力ポートBとクロスポートの関係にある前記出力ポートCに接続され、波長 $\lambda_0$ の光を反射する第2の光反射手段とを備え、  
前記第1の光反射手段および前記第2の光反射手段とその間に配置される前記利得領域によりレーザ共振器を形成して波長 $\lambda_0$ のレーザ発振を起こし、そのときに前記入力ポートAから波長 $\lambda_s$ の信号光を入力し、前記入力ポートAに対してクロスポートとなる前記出力ポートDから増幅された波長 $\lambda_s$ の信号光を出力する構成であること 20  
とを特徴とする光増幅装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光増幅装置において、2つの光反射手段のいずれか一方が波長依存性を有しない構成であることを特徴とする光増幅装置。

【請求項3】 一方の2ポートを入出力ポートA、Bとする3dBカプラと、他方の2ポートをループ状に接続するループ導波路とにより構成されるループミラーと、前記ループミラーのループ導波路に挿入される利得領域と、  
前記入力ポートBに接続され、波長 $\lambda_0$ の光を反射する光反射手段と、  
前記入力ポートAに接続される光サーキュレータとを備え、  
前記光反射手段と前記ループミラーおよび前記利得領域によりレーザ共振器を形成して波長 $\lambda_0$ のレーザ発振を起こし、そのときに前記光サーキュレータを介して前記入力ポートAから波長 $\lambda_s$ の信号光を入力し、前記入力ポートAに接続された前記光サーキュレータから、増幅された波長 $\lambda_s$ の信号光を出力する構成であることを 30  
特徴とする光増幅装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の光増幅装置において、構成要素の一部または全部が半導体基板上に集積化された構成であることを特徴とする光増幅装置。

【請求項5】 請求項1～3のいずれかに記載の光増幅装置において、利得領域以外の構成要素の一部または全部がガラス導波路で形成されていることを特徴とする光増幅装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光信号を増幅する光増幅装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体光増幅器は、電流注入により励起された電子キャリアと信号光との誘導放出過程により、入力信号光パワーを増幅することができる。この半導体光増幅器は、小型で低消費電力という特長があるが、飽和利得領域では使用することができない問題を有している。利得飽和とは、高パワーの信号光が入力されると誘導放出により励起キャリアが減少し、その分だけ利得が低下するという現象である。その結果、入力信号光パワーに応じて信号利得が異なることになる。

【0003】また、入力信号光パワーが変化すると、信号利得はある時定数でこれに追従して変化する。利得変化の時定数は、信号速度Gbit/sにおける信号変化と同程度であり、高パワーの入力信号光に対しては出力信号光の波形が歪むことになる。したがって、半導体光増幅器を光伝送システムに用いる際には、入力信号光パワーを利得飽和が起きないレベル以下に制御する必要があった。

【0004】この制限を緩和するために、利得飽和が起こる入力信号光レベルの上限を高くする方法（利得クランプ半導体光増幅器）が提案されている。図3(a)は、その基本構造を示す。本構成は、利得領域31の両側にブラッグ反射(DBR)領域32a、32bが設けられており、構成自体は通常のDBRレーザと同一である。この利得領域31に電流を注入していくと信号利得が高まり、ある閾値を越えるとDBR領域の反射波長 $\lambda_0$ でレーザ発振が起こる。また、レーザ発振は、利得領域31の信号利得が両端のDBR領域32a、32bにより形成されるレーザ共振器の共振器損失に等しくなったときに起こる。閾値以上の電流を注入すると、過剰な注入キャリアはレーザ発振光との誘導放出に費やされ、利得領域31に存在する励起キャリア数は閾値状態にクランプされる。すなわち、レーザ発振状態では、信号利得はレーザ共振器損失で決まる一定値にクランプされる。

【0005】そこで、発振状態にあるDBRレーザに、発振波長 $\lambda_0$ とは異なる波長 $\lambda_s$ の信号光を入力すると（図3(b)）、入力信号光は利得領域においてクランプされた信号利得を受けることになる。ここで、さらに強い信号光パワーを入力した場合には、入力信号光との誘導放出に消費されるための励起キャリアは、レーザ発振光との誘導放出に費やされていた注入キャリアにより補充され、利得領域に存在する励起キャリア数はあくまで一定に保たれる。すなわち、信号利得は発振閾値状態に保持され、利得飽和は生じない。ただし、その反動として、レーザ発振光パワーが減少することになる。

【0006】入力信号光パワーをさらに大きくしていくと、レーザ発振光パワーがさらに減少し、ついにはレーザ発振が停止する。レーザ発振が停止すると、レーザ発 50

振光との誘導放出に費やされていた注入キャリアの補充が受けられなくなり、通常の半導体光増幅器と同様に利得飽和が生じる。このように、レーザ発振しているDBRレーザを光増幅器として用いると、レーザ発振が停止するまでは信号利得一定で動作する。これにより、利得クランプ半導体光増幅器では、通常の半導体光増幅器に比べて、利得飽和が起こる入力信号光レベルを高くすることができる。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の利得クランプ半導体光増幅器は、増幅された信号光（波長 $\lambda_s$ ）とともに必然的にレーザ発振光（波長 $\lambda_0$ ）が出力される。そのため、増幅された信号光のみを得たい場合には、レーザ発振光を阻止する光フィルタを備える必要があり、部品点数が増えるとともに、光増幅器を他の光部品と集積化する際に障害になっていた。

【0008】また、この場合には、入力信号光波長とレーザ発振光波長が光フィルタで分離できる程度に離れている必要がある。すなわち、レーザ発振光波長近傍の信号光に対しては、光増幅器として用いることができなかった。

【0009】本発明は、従来の利得クランプ半導体光増幅器の動作原理を利用した光増幅装置において、光フィルタを用いることなく増幅された信号光のみを出力することができ、またレーザ発振光波長近傍の信号光の増幅を可能にする光増幅装置を提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の光増幅装置は、対称マッハツェンダ干渉計の2本のアーム導波路、またはループミラーのループ導波路に利得領域を挿入し、対称マッハツェンダ干渉計のクロスポートとなる入出力ポート、またはループミラーの1つのポートに波長 $\lambda_0$ の光を反射する光反射手段を備え、光反射手段と利得領域によりレーザ共振器を形成し、波長 $\lambda_0$ のレーザ発振を起こす。

【0011】このとき、光反射手段が接続されないポートから波長 $\lambda_s$ の信号光を入力すると、信号利得がレーザ発振閾値状態にクランプされた利得領域で増幅され、増幅された信号光がレーザ発振光と分離して異なるポートから出力される。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1は、本発明の第1の実施形態の構成例を示す。

【0013】本実施形態の光増幅装置は、対称マッハツェンダ干渉計を基本とした構成である。対称マッハツェンダ干渉計は、一方の2ポートを入力ポートA、Bとする3dBカプラ11と、一方の2ポートを出力ポートC、Dとする3dBカプラ12と、3dBカプラ11、12の各他方の2ポート同士を接続する同一光学長の2本のアーム導波路13a、13bとにより構成される。

なお、本構成では入力ポートAと出力ポートD、入力ポートBと出力ポートCをクロスポートとする。

【0014】光増幅装置としては、対称マッハツェンダ干渉計の各アーム導波路13a、13bに同一特性の利得領域14a、14bを挿入し、入力ポートBおよび出力ポートCに接続された光導波路上に、反射波長 $\lambda_0$ のブラッグ反射（DBR）領域15a、15bを形成し、入力ポートAから増幅しようとする波長 $\lambda_s$ の信号光を入力する。

【0015】本構成では、利得領域14a、14bを含む対称マッハツェンダ干渉計のクロスポートとなる入力ポートBおよび出力ポートCの両側に、反射波長 $\lambda_0$ のDBR領域15a、15bを配置してレーザ共振器を形成している。

【0016】すなわち、一方のDBR領域15aで反射した波長 $\lambda_0$ の光が入力ポートBから3dBカプラ11に入力されると、3dBカプラ11で2分岐され、それぞれアーム導波路13a、13b、利得領域14a、14bを介して3dBカプラ12で合波される。このとき、波長 $\lambda_0$ の光が通過した2つの経路が完全に対称であるので、合波された波長 $\lambda_0$ の光は入力ポートBに対してクロスポートである出力ポートCへ出力される。出力ポートCから出力された波長 $\lambda_0$ の光は他方のDBR領域15bで反射し、再び出力ポートCから3dBカプラ12に入力される。この波長 $\lambda_0$ の光は、前と逆の経路をたどって入力ポートBへ出力され、DBR領域15aで反射して対称マッハツェンダ干渉計に再入力し、あとは上述の往復を繰り返すことになる。このような波長 $\lambda_0$ の光に対する共振器構成において、利得領域14a、14bの利得が十分であれば波長 $\lambda_0$ でレーザ発振することになる。

【0017】一方、波長 $\lambda_s$ でレーザ発振しているときに、波長 $\lambda_s$ の信号光を入力ポートAから対称マッハツェンダ干渉計に入力する。この波長 $\lambda_s$ の信号光は、3dBカプラ11で2分岐され、それぞれアーム導波路13a、13bを介して利得領域14a、14bに入力される。各利得領域の信号利得は、上述した動作原理によりレーザ発振閾値状態にクランプされている。利得がクランプされた各利得領域を通過して増幅された信号光は、3dBカプラ12で合波される。このとき、信号光が通過した2つの経路が完全に対称であるので、合波された信号光は入力ポートAに対してクロスポートである出力ポートDへ出力される。これにより、実効的に従来の利得クランプ半導体光増幅器と同じ状態が実現する。

【0018】このように、完全な対称マッハツェンダ干渉計を用いることにより、増幅された波長 $\lambda_s$ の信号光と波長 $\lambda_0$ のレーザ発振光を異なる出力ポートに完全に分離することができる。また、従来の利得クランプ半導体光増幅器と同様に利得飽和が生じる信号光レベルが高く、かつレーザ発振光波長近傍の信号光の増幅が可能と

なる。

【0019】なお、本実施形態では、2つのDBR領域によりレーザ共振器を形成した構成になっているが、いずれか一方が弱開面のように波長依存性なく光を反射する構成であってもよい。

【0020】(第2の実施形態)図2は、本発明の第2の実施形態の構成例を示す。本実施形態の光増幅装置は、ループミラーを基本とした構成である。ループミラーは、3dBカブラ21の一方の2ポートを入出力ポートA、Bとし、他方の2ポートをC、Dをループ導波路22で接続した構成である。

【0021】光増幅装置としては、ループ導波路22に利得領域23を挿入し、入出力ポートBに接続された光導波路上に反射波長 $\lambda_0$ のブラッグ反射(DBR)領域24を形成し、光サーキュレータ25を介して入出力ポートAから波長 $\lambda_s$ の信号光を入力する。光サーキュレータ25は、入出力ポートAに入力する信号光と、入出力ポートAから出力される増幅された信号光を分離する機能を有する。

【0022】本構成では、利得領域23を含むループミラーの入出力ポートBに、反射波長 $\lambda_0$ のDBR領域24を配置してレーザ共振器を形成している。すなわち、DBR領域24で反射した波長 $\lambda_0$ の光が入出力ポートBから3dBカブラ21に入力されると、3dBカブラ21で2分岐され、それぞれループ導波路22を反対方向にたどり、利得領域23を通過して3dBカブラ21で合波される。このとき、逆方向に伝搬する波長 $\lambda_0$ の光の経路が同一であるので、合波された光は入力された入出力ポートBから出力される。入出力ポートBから出力された波長 $\lambda_0$ の光はDBR領域24で反射し、再び入出力ポートBから3dBカブラ21に入力され、以下同じ経路をたどることになる。このような波長 $\lambda_0$ の光に対する共振器構成において、利得領域23の利得が十分であれば波長 $\lambda_0$ でレーザ発振することになる。

【0023】一方、波長 $\lambda_s$ でレーザ発振しているときに、入出力ポートAからループミラーに入力された波長 $\lambda_s$ の信号光は、3dBカブラ21で2分岐され、それぞれループ導波路22を反対方向にたどって利得領域23に入力される。利得領域23の信号利得は、上述した動作原理によりレーザ発振閾値状態にクランプされてい

る。利得がクランプされた利得領域23を通過して増幅された信号光は、3dBカブラ21で合波される。このとき、各信号光が通過した経路が同一であるので、合波された信号光は入力された入出力ポートAから出力され、さらに光サーキュレータ25を介して出力される。

【0024】このように、ループミラーを用いることにより、増幅された波長 $\lambda_s$ の信号光と波長 $\lambda_0$ のレーザ発振光を異なるポートに完全に分離して出力することができる。また、従来の利得クランプ半導体光増幅器と同様に利得飽和が生じる信号光レベルが高く、かつレーザ発振光波長近傍の信号光の増幅が可能となる。なお、入出力信号光を分離する光サーキュレータ25に代えて、通常の光方向性結合器(光カブラ)を用いてもよい。

【0025】また、以上示した各実施形態の構成要素は、その一部または全部を半導体基板上に集積化することができる。また、以上示した各実施形態の構成要素のうち、利得領域以外の構成要素の一部または全部をガラス導波路で形成することができる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光増幅装置は、利得飽和が生じる入力信号光レベルが高く、かつ対称マッハツェンダ干渉計またはループミラーの機能により、光フィルタを用いることなく増幅された信号光のみを出力することができるので、レーザ発振光波長近傍の信号光の増幅も可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の構成例を示す図。

【図2】本発明の第2の実施形態の構成例を示す図。

【図3】従来の利得クランプ半導体光増幅器の基本構造を示す図。

【符号の説明】

11, 12, 21 3dBカブラ

13a, 13b アーム導波路

14a, 14b, 23 利得領域

15a, 15b, 24, 32a, 32b ブラッグ反射(DBR)領域

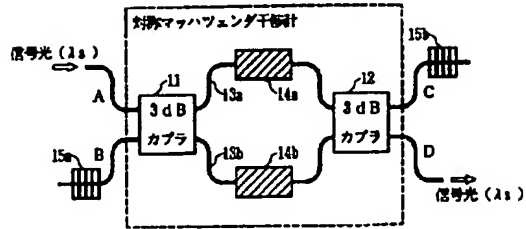
22 ループ導波路

25 光サーキュレータ

31 利得領域

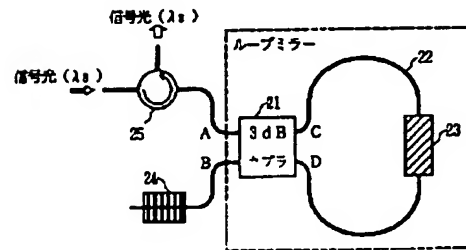
【図1】

本発明の第1の実施形態の構成例



【図2】

本発明の第2の実施形態の構成例



【図3】

従来の利得クランプ半導体光増幅器の基本構造

